



22 octobre 2009 : Colloque en phytoprotection
Résistance et approche systémique :
nouveaux défis



L'évolution de la résistance chez les ravageurs ciblés par les cultures Bt

Yves CARRIÈRE, Ph.D., professeur
University of Arizona, Department of Entomology
Tuscon, Arizona, USA

Note : Cette conférence a été présentée lors de l'évènement et le résumé ci-après a été publié dans le cahier du participant.

Vous retrouverez ce
document sur le site
Agrireseau.qc.ca



L'évolution de la résistance chez les ravageurs ciblés par les cultures Bt

Yves CARRIÈRE, Ph.D., professeur
University of Arizona, Department of Entomology
Tucson, Arizona, USA



Merci au Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec pour son appui financier permettant la tenue de cette conférence



Les insectes peuvent s'adapter rapidement aux toxines et autres méthodes de contrôle utilisées pour les contrôler. En conséquence, l'EPA a mandaté la stratégie refuge pour gérer l'évolution de la résistance chez les principaux insectes ravageurs contrôlés par les cultures Bt (*Bacillus thuringiensis*). L'utilisation durable des plantes Bt est devenue une politique, car ces cultures ont le potentiel de réduire considérablement l'exposition humaine et environnementale aux insecticides à large spectre, d'augmenter la capacité des producteurs à gérer les risques et à améliorer la qualité des cultures, ainsi que d'accroître les profits de la ferme et de l'industrie. D'autres avantages comprennent les déclin régionaux des ravageurs visés par les cultures Bt et la préservation des ennemis naturels.

Les modèles de génétique des populations et les données empiriques sur les facteurs influençant l'évolution de la résistance des ravageurs aux Bt ont été au centre du développement de la stratégie refuge. Les modèles de génétique des populations supposent généralement que la résistance à une toxine produite par les cultures Bt est conférée par des mutations à un seul locus. Il s'agit d'une approximation suffisante parce que la résistance à la sélection intense imposée par les cultures Bt et les pesticides implique souvent un seul gène à effets majeurs. Par souci de simplicité, les modèles supposent la présence d'un allèle de sensibilité (*s*) et un allèle de résistance (*r*).

La stratégie refuge repose sur le principe que la dominance de la résistance est réduite en augmentant la dose de toxines Bt. En conséquence, la commercialisation des cultures transgéniques qui produisent de fortes concentrations de toxines Bt induit une résistance récessive chez plusieurs, mais pas tous les ravageurs cibles (la résistance est récessive lorsque les individus *rs* sont tués par une toxine; la résistance est non récessive lorsque certains individus *rs* survivent à l'exposition à une toxine). La stratégie refuge exige que les refuges de plantes hôtes non transgéniques qui favorisent la survie des individus sensibles soient présents à proximité des champs de cultures Bt. Les insectes sensibles produits dans les refuges doivent s'accoupler avec les rares insectes résistants qui survivent sur les cultures transgéniques. Lorsque la résistance est récessive, les hybrides produits par les insectes résistants dans les cultures Bt sont tués par les cultures transgéniques. Cela réduit l'héritabilité de la résistance (la ressemblance entre les parents résistants et leur progéniture) et retarde l'évolution de la résistance.

La stratégie pyramidale pour retarder la résistance des ravageurs est basée sur l'utilisation de plantes transgéniques produisant deux ou plusieurs toxines Bt distinctes. Les modèles de

généétique des populations suggèrent que cette stratégie est plus efficace lorsque la résistance à chaque toxine est récessive, que les refuges sont présents et que la sélection à l'une des toxines ne provoque pas de résistance croisée à l'autre toxine. La résistance croisée se produit lorsque l'évolution de la résistance à une toxine diminue la sensibilité à d'autres toxines. La stratégie pyramidale est basée sur le principe que les individus sont tués dans la mesure où ils ont un allèle de sensibilité à un locus de résistance, un phénomène appelé « *redundant killing* ». Pour simplifier, la plupart des modèles supposent qu'une résistance à deux toxines (par exemple, 1 et 2) est conférée par un gène possédant deux allèles (s_1 et r_1 pour la toxine 1; s_2 et r_2 pour la toxine 2). Comme les allèles de résistance sont généralement rares dans les populations qui ont subi une exposition restreinte aux cultures Bt, le génotype avec une survie élevée sur une plante à deux toxines ($r_1r_1 r_2r_2$) devrait être extrêmement rare. En conséquence, la stratégie refuge est plus efficace pour réduire l'héritabilité de la résistance quand les cultures produisent deux ou plusieurs toxines Bt que lorsque les cultures produisent une seule toxine.

Le deuxième principe qui sous-tend la stratégie refuge est que l'évolution de la résistance peut être retardée ou empêchée par la réduction du coefficient de sélection entre individus avec ou sans allèles de résistance. Le coefficient de sélection mesure la différence dans la capacité des génotypes (par exemple, ss , rs , et rr) à survivre et à se reproduire – une différence de la valeur d'adaptation (*fitness*). L'augmentation de la taille du refuge favorise la survie des individus sensibles et diminue le coefficient de sélection entre individus résistants et sensibles. Les coûts associés à la résistance aux toxines Bt se manifestent dans les environnements où la toxine Bt est absente, si les individus porteurs d'un ou de plusieurs allèles de résistance ont une valeur d'adaptation plus faible que les individus sans ces allèles. Les coûts de résistance au Bt sont courants et sélectionnent contre la résistance dans les environnements où les toxines Bt sont absentes, ce qui contrebalance la sélection favorisant une augmentation de la résistance dans les champs de cultures Bt. La résistance incomplète se produit lorsque la valeur d'adaptation des individus résistants est plus faible sur les cultivars Bt que sur les cultivars non Bt. La résistance incomplète est commune et contribue à retarder l'évolution de la résistance en réduisant le coefficient de sélection entre individus résistants et sensibles. Enfin, le coefficient de sélection entre individus résistants et sensibles peut être réduit par des pratiques de gestion des cultures appliquées dans les champs de cultures Bt lorsque les individus résistants sont plus abondants que les individus sensibles (par exemple, l'application de phéromones de confusion sexuelle et l'élimination des résidus de culture contenant des insectes).

Au cours des 13 dernières années, le dépistage des principaux ravageurs du maïs et du coton révèle que seulement l'un d'eux, *Helicoverpa zea*, a développé la résistance au coton Cry1Ac et Cry2Ab aux États-Unis. En plus, *Spodoptera frugiperda* a rapidement développé une résistance au maïs Cry1F à Porto Rico, et *Busseola fusca* a développé une résistance au maïs Cry1Ab en Afrique du Sud. La comparaison de l'hérédité de la résistance et la disponibilité de refuge parmi les ravageurs bien étudiés indiquent que la dominance de la résistance et l'abondance des refuges sont deux facteurs majeurs qui affectent l'évolution de la résistance des insectes aux plantes Bt. L'évolution de la résistance aux cultures Bt chez seulement trois ravageurs au cours des 13 dernières années démontre que la première génération de cultures transgéniques a retardé avec succès l'évolution de la résistance au Bt.